

012375744 **Image available**

WPI Acc No: 1999-181851/199916

Gas turbine blade manufacture - has cooling bores in hollow body of blade filled with subsequently removed coating material before covering blade surface with outer skin

Patent Assignee: SIEMENS AG (SIEI)

Inventor: BIRKNER J; HALBERSTADT K

Number of Countries: 022 Number of Patents: 004

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19737845	A1	19990311	DE 1037845	A	19970829	199916 B
WO 9911420	A1	19990311	WO 98DE2349	A	19980813	199917
DE 19737845	C2	19991202	DE 1037845	A	19970829	200001
EP 1007271	A1	20000614	EP 98949886	A	19980813	200033
			WO 98DE2349	A	19980813	

Priority Applications (No Type Date): DE 1037845 A 19970829

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

DE 19737845 A1 6 B23P-015/02

WO 9911420 A1 G B23P-015/04

Designated States (National): JP RU US

Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU
MC NL PT SE

DE 19737845 C2 B23P-015/02

EP 1007271 A1 G B23P-015/04 Based on patent WO 9911420

Designated States (Regional): CH DE FR GB IT LI

Abstract (Basic): DE 19737845 A

The turbine blade manufacture uses a cast metal body (1) provided with a number of raised projections (5) spaced across the outer surface of the turbine blade (3), with bores drilled in the blade surface between the raised projections between the blade outer surface and its hollow interior.

The spaces between the raised projections are filled with a heat-resistant coating material which fills the cooling bores, before covering the projections, with an outer skin and subsequent removal of the coating material between the surface of the hollow body and the underside of the outer skin.

USE - For gas turbine blade operated at temperatures above 1250 degrees C.

ADVANTAGE - Allows intensive cooling of blade outer skin.

Dwg.1,2/5

Derwent Class: P56; Q51

International Patent Class (Main): B23P-015/02; B23P-015/04

International Patent Class (Additional): F01D-005/18

?map anpryy temp

1 Select Statement(s), 1 Search Term(s)

Serial#TD630

BEST AVAILABLE COPY



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 197 37 845 C 2

51 Int. Cl.⁶:
B 23 P 15/02
F 01 D 5/18

21 Aktenzeichen: 197 37 845.5-14
22 Anmeldetag: 29. 8. 97
43 Offenlegungstag: 11. 3. 99
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 12. 99

DE 197 37 845 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:
Birkner, Jens, 45355 Essen, DE; Halberstadt, Knut,
45481 Mülheim, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

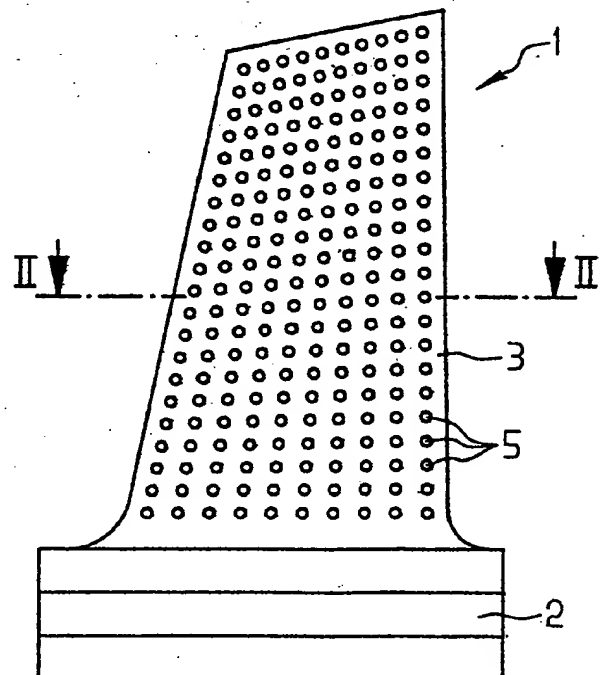
US 56 40 767 A
US 53 92 515 A

KIENEL, G.: PVD-Verfahren und ihre Anwendung
zur
Herstellung verschleißhemmender Schichten. IN:
ZwF 77 (1982) 1, S. 43-47;
KISSINGER, R.D. u.a.: SUPER A 1996-ADVANCED
AIRFOIL FABRICATION, IN:
TMS-Minerals · Metals ·
Materials, S. 523-529;
"BLAD CLADDING AIDS COOLING", IN: Machine
Design/February 21, 1985, S. 78;

54 Verfahren zum Herstellen einer Gasturbinenschaufel, sowie nach dem Verfahren hergestellte
Gasturbinenschaufel

57 Verfahren zum Herstellen einer Gasturbinenschaufel
mit den Schritten:

- Gießen eines hohlen, tragenden Metallschaufelkörpers (1),
- Herstellen einer Vielzahl von Erhebungen (5) auf einer Außenoberfläche eines Schaufelblattes (3) des Metallschaufelkörpers (1),
- Bohren von Prallkühlbohrungen (8) zwischen den Erhebungen (5) von der Außenoberfläche zu einem hohlen Innenraum (4) des Metallschaufelkörpers (1),
- Aufbringen einer die Zwischenräume (7) zwischen den Erhebungen (5) ausfüllenden und die Prallkühlbohrungen (8) verschließenden Beschichtung (11) aus einem hitzebeständigen, entfernbaren Material,
- Aufbringen einer an den insbesondere metallisch blanken Oberseiten (6) der Erhebungen (5) haftenden Deckschicht (9) und
- Entfernen des Materials aus den Zwischenräumen (7) zwischen den Erhebungen (5) des Metallschaufelkörpers (1) und der Deckschicht (9).



DE 197 37 845 C 2

Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenschaufel und ein Verfahren zum Herstellen einer Gasturbinenschaufel.

Gasturbinenschaufeln aus einem hohlen, tragenden Metallschaufelkörper mit einer Vielzahl von eingegossenen oder eingearbeiteten nutförmigen Kühlkanälen, auf die eine dünne Außenhaut durch Elektronenstrahlverdampfung oder Plasmaspritzen aufgebracht ist, sind bekannt. Mit diesen Gasturbinenschaufeln soll die Kühlwirkung der Luftkühlung verbessert werden, da die Kühlwirkung mit abnehmen der Dicke der Schaufelwand bekanntermaßen immer besser wird. Wird jedoch die Dicke der tragenden Schaufelwand verringert, geht dies mit einem deutlichen Festigkeitsverlust des Bauteils einher.

Das Aufbringen einer dünnen Außenhaut durch Elektronenstrahlverdampfung oder Plasmaspritzen ist in "Superalloys 1996" unter dem Titel "Advanced Airfoil Fabrication", Seiten 523 bis 529, beschrieben und stellt bereits eine Verbesserung gegenüber Versuchen dar, eine doppelwandige Schaufel zu gießen, bei der die innere, dicke Wand die auftretenden Kräfte aufnimmt und bei der die äußere dünne Wand lediglich eine gut zu kühlende, aerodynamisch günstige Hülle darstellt. Derartige Schaufeln sind kostspielig in der Herstellung und erlauben es nicht, ein günstiges Verhältnis zwischen der Dicke der inneren, tragenden Wand und der äußeren dünnen Wand zu erreichen, so daß die Verbesserung der Kühlwirkung geringfügig ist.

Bei dem in dem Aufsatz "Advanced Airfoil Fabrication" beschriebenen Verfahren und den sich daraus ergebenden Gasturbinenschaufeln, die im wesentlichen auch aus der US 5,640,767 bekannt sind, ist die Kühlwirkung nicht optimal, da der Strömungswiderstand in den nutförmigen Kühlkanälen hoch ist und ausschließlich eine Innenkühlung durch diese nutförmigen Kühlkanäle stattfindet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfach durchzuführendes Verfahren zum Herstellen einer Gasturbinenschaufel anzugeben, mit dem sich eine hochtemperaturbeständige Gasturbinenschaufel herstellen läßt, bei der die Kühlwirkung so verbessert ist, daß sie sich bei sehr hohen Temperaturen, insbesondere bei mehr als 1250°C, betreiben läßt. Auch soll eine entsprechend ausgestaltete Gasturbinenschaufel angegeben werden.

Ausgehend von dieser Aufgabenstellung umfaßt das Verfahren zum Herstellen einer Gasturbinenschaufel erfindungsgemäß die folgenden Schritte:

- Herstellen, insbesondere Gießen, eines hohlen, tragenden Metallschaufelkörpers,
- Herstellen einer Vielzahl von Erhebungen auf einer Außenoberfläche eines Schaufelblattes des Metallschaufelkörpers,
- Bohren von Prallkühlbohrungen zwischen den Erhebungen von der Außenfläche zu einem hohlen Innenraum des Metallschaufelkörpers,
- Aufbringen einer die Zwischenräume zwischen den Erhebungen ausfüllenden und die Prallkühlbohrungen verschließenden Beschichtung aus einem hitzebeständigen, entfernbaren Material,
- Aufbringen einer an den, insbesondere metallisch blanken Oberseiten der Erhebungen haftenden Deckschicht und
- Entfernen des Materials aus den Zwischenräumen zwischen den Erhebungen des Metallschaufelkörpers und der Deckschicht.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß eine möglichst intensive Kühlluftzufuhr zur äußeren Deck-

schicht erforderlich ist, um die nach dem Verfahren hergestellte Gasturbinenschaufel sehr heiß, d. h. bei mehr als 1250°C, betreiben zu können. Dies wird dadurch erreicht, daß die Deckschicht vorzugsweise nur punktwise über insbesondere zapfenartigen Erhebungen mit dem Schaufelblatt verbunden ist, so daß ein großer freier Zwischenraum zwischen der Deckschicht und der Außenoberfläche des tragenden Metallschaufelkörpers vorhanden ist. In diesen Zwischenraum wird Kühlluft durch die Prallkühlbohrungen hineingeleitet, und die Innenoberfläche der Deckschicht wird durch Prallkühlung intensiv gekühlt.

Die Erhebungen sind insbesondere so gestaltet, daß eine Breite zwischen zwei benachbarten Erhebungen größer als eine Breite der Erhebung selbst ist. Neben zapfenförmigen Erhebungen sind auch längliche oder andersartige Erhebungen oder auch verschiedenförmige Erhebungen zusammen an dem Schaufelblatt in einer Ausgestaltung eingesetzt. Durch geeignete Auswahl der Geometrie der Erhebung sowie der Verteilung der Erhebungen über das Schaufelblatt ist der Wärmefluß über dieses gezielt einstellbar. Die Verteilung der Erhebungen ist dabei abhängig von Stabilitätskriterien bezüglich der aufzubringenden Deckschicht.

In einer vorteilhaften Ausführung des Verfahrens werden die Erhebungen beim Gießen des Metallschaufelkörpers gleichzeitig hergestellt, d. h. mitgegossen. Dieses erspart zusätzliche Arbeitsgänge und ermöglicht eine besonders sichere Verbindung zwischen dem Schaufelblatt und den einzelnen Erhebungen.

Der tragende Metallschaufelkörper mit den beispielsweise zapfenartigen Erhebungen läßt sich als Gußstück hochgenau herstellen, und das Bohren der Prallkühlbohrungen läßt sich ebenfalls, bevorzugterweise mittels Laserstrahl, auf einfache Weise durchführen.

Das die Zwischenräume ausfüllende, hitzebeständige und entfernbare Material ist vorzugsweise ein Keramikwerkstoff, der nach dem Aufbringen getrocknet und gesintert wird. Bei diesem Keramikwerkstoff kann es sich um den Werkstoff handeln, der auch als Kernmaterial beim Gießen des hohlen, tragenden Metallschaufelkörpers verwendet wird. Insbesondere ist dieser Werkstoff auch auslaugar.

Um eine sichere Haftung zwischen der aufzubringenden Deckschicht und den Oberseiten der Erhebungen zu erreichen, kann die Oberfläche des beschichteten Metallschaufelkörpers nach dem Trocknen und Sintern der Beschichtung durch Schleifen bearbeitet werden, so daß die Oberseiten der Erhebungen metallisch blank freiliegen.

Das Aufbringen einer Deckschicht aus Metall kann im Vakuum durch Elektronenstrahlverdampfung erfolgen, während sich Deckschichtmaterialien, die auch nichtmetallisch sein können, auch durch Plasmaspritzen aufbringen lassen. Eine Metalldeckschicht zeichnet sich dadurch aus, daß sie eine gute Wärmeleitfähigkeit besitzt und eine intermetallische Verbindung mit den metallisch blanken Oberseiten der Erhebungen gewährleistet. Auf diese Metalldeckschicht kann auch noch eine zusätzliche Oxidations- und Korrosionsschutzschicht aufgebracht werden.

Die Verbindung zwischen der Deckschicht und den metallisch blanken Oberseiten der Erhebungen des Schaufelkörpers kann durch eine Wärmebehandlung verbessert werden. Durch die Wärmebehandlung werden Diffusionsvorgänge ausgelöst, die eine sichere, intermetallische Verbindung zwischen der Deckschicht und dem Metallschaufelkörper herbeiführen.

Zur Kühlung der den heißen Gasen ausgesetzten Außenfläche der Deckschicht kann diese eine Vielzahl von schrägen Filmkühlbohrungen aufweisen. Im Betrieb bildet dann die austretende Kühlluft einen entlang der Außenoberfläche strömenden kühlenden Film.

Die äußere Oberfläche der Schaufel kann anschließend fein bearbeitet und/oder geglättet werden. Sie kann ggf. auch danach eine weitere Keramikbeschichtung erhalten. Eine solche Keramikbeschichtung kann auch auf die Innenoberfläche des hohlen, tragenden Metallschaufelkörpers aufgebracht werden.

Der Lösung des eingangs erwähnten Problems der Hochtemperaturbeständigkeit und der leichten Herstellbarkeit dient eine Gasturbinenschaufel, die erfindungsgemäß einen hohlen, tragenden Metallschaufelkörper mit einer Vielzahl von Erhebungen auf der Außenoberfläche des Schaufelblatts, eine Vielzahl von Prallkühlbohrungen zwischen den Erhebungen und eine an den Oberseiten der Erhebungen haftende, dünne Deckschicht umfaßt.

Die genannte Deckschicht kann vorzugsweise mit einer Vielzahl von schrägen Filmkühlbohrungen versehen sein. Die Deckschicht kann dabei aus Metall bestehen und gegebenenfalls mit einer zusätzlichen Oxidations- und Korrosionsschicht versehen sein. Neben der Außenoberfläche kann auch die Innenoberfläche des hohlen Schaufelkörpers mit einer Keramikbeschichtung versehen sein. Bevorzugt ist die Innenoberfläche mit einer Schutzschicht überzogen, insbesondere chromiert oder alitiert. Die Erhebungen sind vorzugsweise zapfenartig.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand 2 der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 die Seitenansicht eines gegossenen, hohlen, tragenden Metallschaufelkörpers,

Fig. 2 einen Querschnitt durch das Schaufelblatt entlang der Linie II-II in Fig. 1,

Fig. 3 eine vergrößerte Schnittdarstellung der Wand des hohlen, tragenden Metallschaufelkörpers,

Fig. 4 eine vergrößerte Schnittdarstellung der Wand eines hohlen, tragenden Metallschaufelkörpers nach Aufbringen einer auslaugbaren Beschichtung und

Fig. 5 eine vergrößerte Schnittdarstellung einer Wand einer fertigen Gasturbinenschaufel.

Aus den Fig. 1 bis 5 ergeben sich die einzelnen Fertigungsschritte beim Herstellen einer erfindungsgemäßen Gasturbinenschaufel. Zunächst wird, wie in Fig. 1 in der Seitenansicht und in Fig. 2 in einem Querschnitt dargestellt, im Genaußverfahren ein hohler, tragender Metallschaufelkörper 1, beispielsweise aus einer hochhitzebeständigen Nickellegierung, gegossen. Dieser Metallschaufelkörper 1 besteht aus einem Schaufelfuß 2 und einem Schaufelblatt 3 mit einem hohlen Innenraum 4. Auf der Außenoberfläche des Schaufelblatts 3 ist eine Vielzahl von zapfenartigen Erhebungen 5 angeordnet.

Fig. 3 zeigt, daß nach dem Gießen des Metallschaufelkörpers 1 zwischen den zapfenartigen Erhebungen 5 eine Vielzahl von Prallkühlbohrungen 8, beispielsweise durch Laserstrahlbohren, angebracht wird.

Hiernach werden die Zwischenräume 7 zwischen den Erhebungen 5 mit einem hitzebeständigen, auslaugbaren Material ausgefüllt. Dabei werden die Prallkühlbohrungen 8 verschlossen, wie in Fig. 4 dargestellt. Diese Beschichtung 11 kann aus einem Keramikmaterial bestehen, wie es auch als Kernmaterial beim Gießen des hohlen, tragenden Metallschaufelkörpers 1 verwendet wird. Die Beschichtung 11 weist eine Dicke auf, die der Höhe der zapfenartigen Erhebungen 5 entspricht, so daß die Oberseiten 6 der Erhebungen 5 freiliegen. Ggf. wird die Oberfläche des Metallschaufelkörpers 1 mit der auslaugbaren Beschichtung 11 nach dem Trocknen und Sintern der Beschichtung 11 durch Schleifen so bearbeitet, daß die Oberseiten 6 der Erhebungen 5 sauber und metallisch blank innerhalb der Beschichtung 11 vorliegen.

Der beschichtete Schaufelkörper 1 wird nunmehr in eine hier nicht näher dargestellte Vorrichtung zum Aufbringen einer Deckschicht 9 gebracht. Fig. 5 zeigt die aufgebrachte Deckschicht 9. Diese besteht vorzugsweise ebenfalls aus einem hochtemperaturfesten Metall, z. B. aus demselben Metall, das zum Gießen des Metallschaufelkörpers 1 diente. Das Aufbringen der Deckschicht 9 kann im Vakuum durch Elektronenstrahlverdampfung erfolgen. Dieses Verfahren ist in dem eingangs erwähnten Aufsatz "Advanced Airfoil Fabrication" beschrieben und besonders zum Aufbringen einer Metalldeckschicht 9 geeignet.

Die Deckschicht 9 läßt sich auch durch Plasmaspritzen aufbringen, wobei in diesem Fall auch das Aufbringen von nichtmetallischen Deckschichten möglich ist.

Gegebenenfalls kann auf eine Deckschicht 9 aus Metall noch eine zusätzliche Oxidations- und Korrosions-Schutzschicht als zweite Lage aufgebracht werden.

Durch eine anschließende Wärmebehandlung lassen sich Diffusionsvorgänge auslösen, die eine sichere Anbindung der Deckschicht 9 an die Oberseiten 6 der Erhebungen 5 bewirken.

Um die Zwischenräume 7 nach dem Aufbringen der Deckschicht 9 freizulegen, wird die Beschichtung 11 mittels bekannter Verfahren entfernt, insbesondere ausgelaugt.

Vor oder nach dem Auslaugen können in die Deckschicht 9 schräge Filmkühlbohrungen 10 eingebracht werden. Dadurch ist sichergestellt, daß im Betrieb zumindest ein Teil der durch 9 die Prallkühlbohrungen 8 in die Zwischenräume 7 eintretenden Kühlluft durch die schrägen Filmkühlbohrungen 10 auf die Außenoberfläche der Gasturbinenschaufel austritt und eine Filmkühlschicht auf der Außenoberfläche bildet.

Gegebenenfalls kann sich noch eine Feinbearbeitung und/oder Glättung der äußeren Oberfläche der Schaufel anschließen. Danach liegt eine fertige Gasturbinenschaufel mit einem hohlen, tragenden Metallschaufelkörper 1 und einer dünnen, äußeren Wand, die gut gekühlt ist und sich aerodynamisch günstig gestalten läßt, vor.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Gasturbinenschaufel mit den Schritten:

- Gießen eines hohlen, tragenden Metallschaufelkörpers (1),
- Herstellen einer Vielzahl von Erhebungen (5) auf einer Außenoberfläche eines Schaufelblattes (3) des Metallschaufelkörpers (1),
- Bohren von Prallkühlbohrungen (8) zwischen den Erhebungen (5) von der Außenoberfläche zu einem hohlen Innenraum (4) des Metallschaufelkörpers (1),
- Aufbringen einer die Zwischenräume (7) zwischen den Erhebungen (5) ausfüllenden und die Prallkühlbohrungen (8) verschließenden Beschichtung (11) aus einem hitzebeständigen, entfernbar Material,
- Aufbringen einer an den insbesondere metallisch blanken Oberseiten (6) der Erhebungen (5) haftenden Deckschicht (9) und
- Entfernen des Materials aus den Zwischenräumen (7) zwischen den Erhebungen (5) des Metallschaufelkörpers (1) und der Deckschicht (9).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Erhebungen (5) beim Gießen des Metallschaufelkörpers (1) mithergestellt werden, insbesondere als zapfenartige Erhebungen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das hit-

zebeständige, entfernbare Material (11) ausgelaut wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Bohren der Prallkühlbohrungen (8) mittels Laserstrahl erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Beschichtung (11) aus einem Keramikwerkstoff besteht, der getrocknet und gesintert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Oberfläche des beschichteten Metallschaufelkörpers (1) nach dem Trocknen und Sintern durch Schleifen bearbeitet wird, so daß die Oberseiten (6) der Erhebungen (5) metallisch blank freiliegen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem eine Metalldeckschicht (9) im Vakuum durch Elektronenstrahlverdampfung aufgebracht wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Deckschicht (9) durch Plasmaspritzen aufgebracht wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem auf die Metalldeckschicht (9) zusätzlich eine Oxidations- und Korrosionsschutzschicht aufgebracht wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem der Metallschaufelkörper (1) mit der Deckschicht (9) einer Wärmebehandlung zur sicheren Verbindung der Deckschicht (9) mit den Oberseiten (6) der Erhebungen (5) durch Diffusion unterzogen wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem in die Deckschicht (9) eine Vielzahl von schrägen Filmkühlbohrungen (10) gebohrt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die äußere Oberfläche der Schaufel feinbearbeitet und/oder geglättet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem der Hohlraum (4) des Schaufelkörpers (1) und/oder die äußere Oberfläche der Schaufel mit einer Schutzschicht aus Keramik versehen werden.

14. Gasturbinenschaufel aus einem hohlen, tragenden Metallschaufelkörper (1) mit einer Vielzahl von Erhebungen (5) auf der Außenoberfläche des Schaufelblatts (3), einer Vielzahl von Prallkühlbohrungen (8) zwischen den Erhebungen (5) und einer an den Oberseiten (6) der Erhebungen (5) haftenden, dünnen Deckschicht (9).

15. Gasturbinenschaufel nach Anspruch 14 mit einer Vielzahl von zapfenartigen Erhebungen (5).

16. Gasturbinenschaufel nach Anspruch 14 oder 15 mit einer Vielzahl von schrägen Filmkühlbohrungen (10) in der Deckschicht (9).

17. Gasturbinenschaufel nach Anspruch 14, 15 oder 16 mit einer Metalldeckschicht (9).

18. Gasturbinenschaufel nach einem der Ansprüche 14 bis 17 mit einer zusätzlichen Oxidations- und Korrosionsschutzschicht.

19. Gasturbinenschaufel nach einem der Ansprüche 14 bis 18 mit einer zusätzlichen, inneren Keramikbeschichtung.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

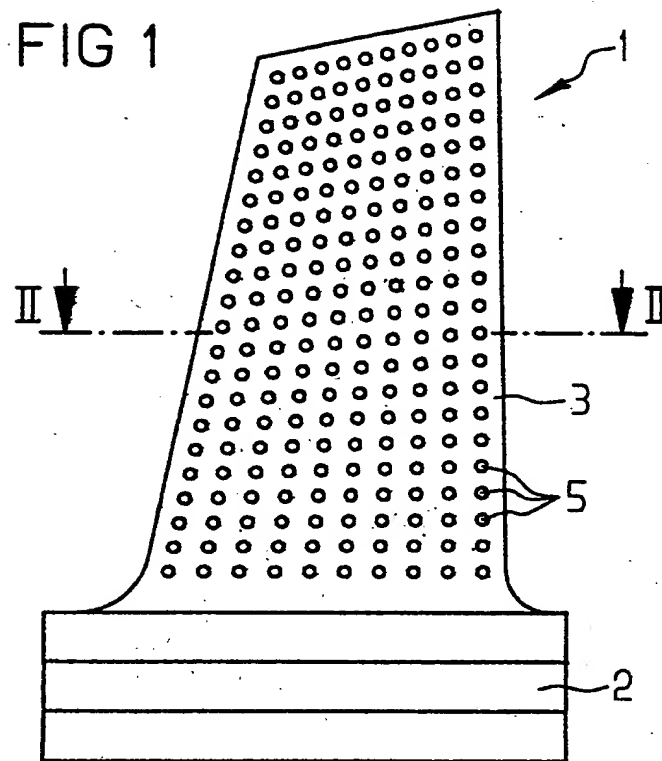
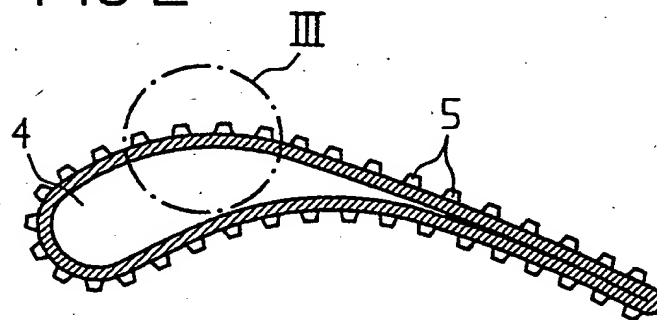
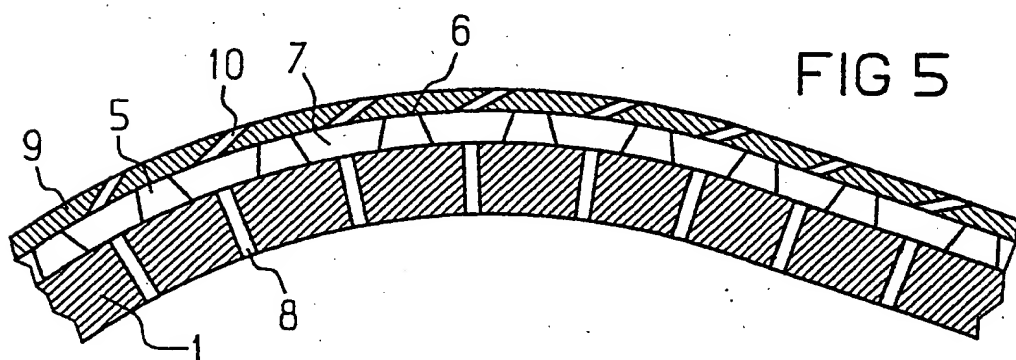
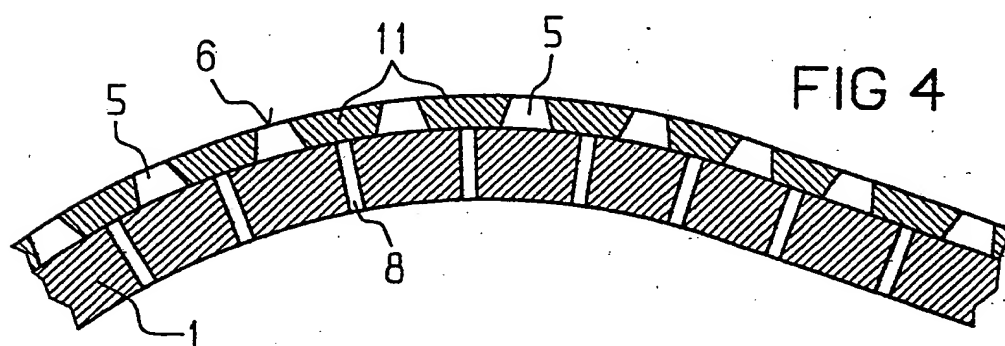
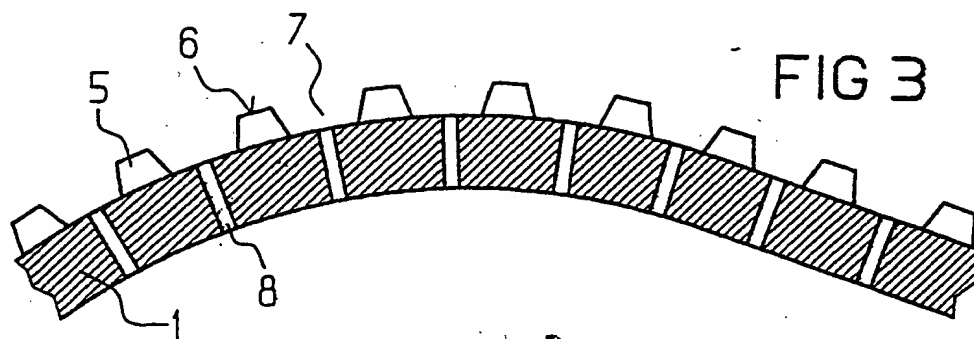


FIG 2





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.